

Conception, production et test de produits

L'importance des sources d'alimentation programmables

Partie 2



► Par **Mathieu VAN DEN BERGH**, membre du comité IEC, expert technique chez California Instruments.

Les sources d'alimentation programmables en courant alternatif et en courant continu deviennent des outils de plus en plus importants dans la société actuelle, orientée vers la haute technologie. Ces sources d'alimentation sont utilisées dans de nombreuses applications, y compris dans le cadre du développement de produits, de la fabrication, des essais de produits et de la R & D au sens général. Dans la première partie de cet article, nous avons étudié les besoins en termes de tests pour les applications de 100/230 volts – 50/60 Hz, en prenant pour exemple le réseau d'alimentation public à basse tension. Cela comprend principalement les appareils ménagers, les éclairages, les machines et les commandes industrielles, les industries médicales et scientifiques. Dans cette seconde partie, nous allons étudier pourquoi et comment les sources d'alimentation programmables sont utilisées dans des applications avioniques, militaires et maritimes, puis nous allons analyser la structure et la conception globales de ces sources d'alimentation programmables, ainsi que les caractéristiques essentielles que l'utilisateur doit prendre en considération.

Applications aériennes, maritimes et militaires

La principale différence entre les applications aériennes, maritimes et militaires et le réseau d'alimentation public à basse tension est que l'aviation, la marine et l'armée utilisent toutes des systèmes à fréquence de 400 Hz (ou plus). Dans les nouveaux avions tels que l'Airbus A380 et le Boeing 787, une gamme de fréquences étendue allant de 360 à 800 Hz est utilisée. Dans les avions existants, la gamme de fréquences est plus étroite, et centrée autour de 400 Hz. Dans la plupart des applications aériennes ainsi que dans l'armée, les produits

fonctionnant à plus de 500 (1 000 VA dans certains cas) doivent être utilisés en triphasé. Les produits fonctionnant à moins de 300 watts peuvent être alimentés à partir de 28 volts DC.

Les avions de dernière génération peuvent également utiliser 270 volts DC, étant donné que de plus en plus de systèmes aériens sont modifiés afin de fonctionner avec des moteurs électriques à la place des systèmes hydrauliques (ce qui représente un gain de poids et une plus grande facilité pour obtenir la redondance de système souhaitée).

Les produits électriques destinés à des applications aériennes doivent être capables de "survivre" à une variété d'opé-

rations de commutation nécessitant de la puissance. Bien que des coupures complètes d'alimentation se produisent plusieurs fois par an au sein du réseau d'alimentation public, ces coupures sont "normales" dans le secteur de l'aviation. La procédure d'exploitation standard d'un avion constitue un bon exemple en ce qui concerne ces besoins. À l'entrée de l'aéroport, l'avion est relié à l'alimentation terrestre (générateurs de 115 volts AC – 400 Hz), mais, avant que l'avion ne quitte la porte d'embarquement, la puissance est transférée vers l'unité d'alimentation auxiliaire de l'avion (APU) pour le déplacement, le décollage et le vol initial. Cette APU est un générateur de 115 volts – 400 Hz, situé dans la queue de l'avion. Une fois que l'avion a décollé et qu'il a atteint son altitude de croisière, il est plus efficace d'utiliser la puissance qui est fournie par les générateurs principaux (couplés aux moteurs) et, ainsi, un autre transfert de puissance entre l'APU (générateur entraîné par turbine) et les générateurs principaux est effectué. Ces transferts de puissance peuvent être rapides (quelques millisecondes) ou prendre plusieurs secondes, et avoir lieu à n'importe quel angle de phase. L'électronique embarquée de pilotage est sur une alimentation continue (DC), si bien que ces "transitoires de commutation" concernent principalement l'équipement (électrique) de cabine et d'office.

En plus des transferts de puissance susmentionnés, il existe un certain nombre d'autres variations de tension et de fréquence normales, anormales et d'urgence qui peuvent se produire et, tout comme sur le réseau d'alimentation public, la tension peut être distordue. Les variations de tension et de fréquence se produisent lorsque la vitesse du moteur



change, ou lorsque des charges importantes sont ajoutées (tels les réchauffeurs destinés aux repas de 600 passagers). Bien entendu, tout l'équipement aérien doit être testé en ce qui concerne ces transitoires, ces variations et ces distorsions. La seule façon de le faire de manière efficace consiste à utiliser des sources d'alimentation en AC (principalement triphasées) et en DC.

La figure 4⁽¹⁾ illustre des parties du tableau C de la spécification de test ABD0100 Airbus qui s'applique à l'A380. Des exigences similaires existent dans la norme DO-160 qui s'applique à Boeing et à un certain nombre d'avions Airbus plus anciens. Les transitoires de commutation sont exigeants, étant donné qu'ils nécessitent que la tension passe de 115 volts à 0 avec un temps de descente défini par l'utilisateur, reste à 0 pendant une durée définie par l'utilisateur (comme 1 ms ou plusieurs secondes), puis revienne à 115 volts avec un temps de montée contrôlé. Ces transitions de tension peuvent être effectuées pendant que la source d'alimentation produit n'importe quelle fréquence allant de 360 à 800 Hz, et possède des niveaux de tension nominale de 71 à 160 volts. De plus, la transition peut avoir lieu à n'importe quel

angle de phase (défini par l'utilisateur). Ainsi, il sera évident que, pour simuler ces transitoires de commutation, la source d'alimentation doit être très flexible et équipée d'un générateur de formes d'ondes arbitraires (parfois appelé simplement "arb" ou AWG) et d'un système de contrôle de transitoires afin de simuler toutes ces exigences de test de l'électronique embarquée.

Après avoir vu les exigences permettant de tester les différents types de perturbations qu'une source d'alimentation programmable doit être capable de simuler, nous allons pouvoir étudier les logiciels de conception et de contrôle de ces sources d'alimentation.

Structure générale des sources d'alimentation programmables

Les sources d'alimentation modernes sont en technologie à découpage – en opposition avec les amplificateurs linéaires plus anciens et moins efficaces. Les amplificateurs linéaires – en principe une version à puissance/tension élevée de l'amplificateur audio classique – possèdent généralement une meilleure qualité de forme d'onde que les inverseurs, mais, étant donné que les fréquences de commutation des inverseurs

ont augmenté, la qualité de forme d'onde a également augmenté. Les sources modernes AC de type inverseurs possèdent par conséquent des niveaux de distorsion qui peuvent être de ~ 0,25 à 0,3 % dans la plupart des conditions, ce qui est très similaire aux niveaux de distorsion des amplificateurs linéaires. Afin de confirmer ce point, même les équipements audio de pointe grand public utilisent des amplificateurs classe D, en particulier en raison de son rendement bien supérieur aux amplificateurs linéaires.

Bien que cela n'ait pas d'impact dans les applications de R & D, le rendement est extrêmement important pour les essais de production, étant donné que les économies en termes de coûts d'électricité peuvent permettre d'acquérir une nouvelle source quelques années plus tard. Par exemple, même dans une installation d'essais de production de taille modérée, il n'est pas inhabituel que la source d'alimentation à mode de commutation consomme 10 000 watts de moins que son homologue linéaire. À raison de 16 heures par jour et 260 jours de travail par an, cela représente déjà 41 600 kWh – soit un coût de 3 000 à 4 000 € par année d'exploitation. Et compte tenu que le prix de l'électricité ne va pas baisser, cela constitue une estimation prudente.

Une source d'alimentation basée sur un inverseur fonctionne en principe comme cela est illustré sur la figure 5. La tension d'alimentation publique entrante est rectifiée et filtrée, et 2 "bus" de DC sont produits. Le niveau de tension des bus est généralement de l'ordre de 400 à 450 volts DC. Les sources d'alimentation en AC possèdent normalement une tension de sortie d'environ 300 à 320 volts RMS. Cette plage couvre les normes de 230 volts +/- 15 % et de 270 à 280 volts existant dans certains pays. Le courant alternatif de 300 volts possède un niveau de crête de $300 \times 1,414 = 424$ volts, si bien que le bus DC doit avoir au moins 424 volts afin de créer un AC de 300 volts. La tension DC issue des bus est modulée – c'est-à-dire

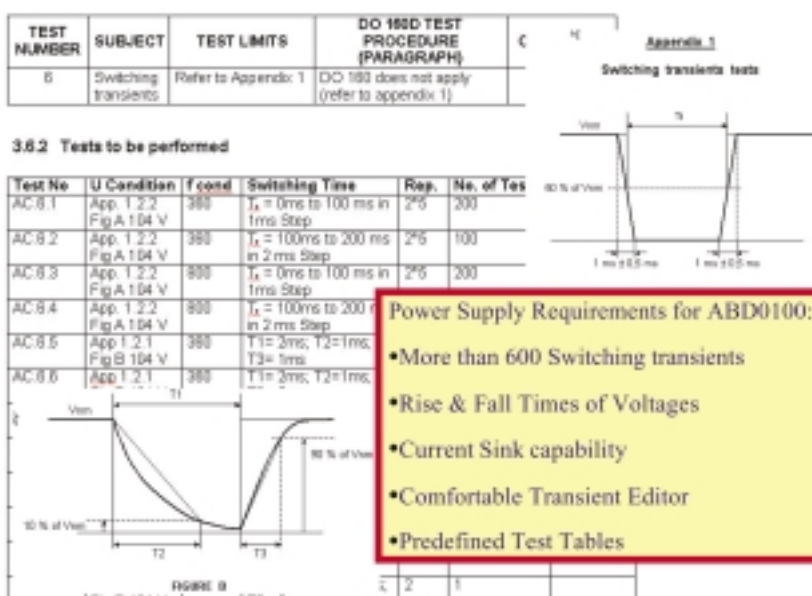


Figure 4 : exemple de procédures de test d'électronique embarquée issues du tableau C de la spécification ABD0100 Airbus et du DO-160 et destinées aux transitoires de commutation.

(1) Notons que la numérotation des figures se poursuit depuis la partie 1.

activée/désactivée, à l'aide d'une électronique de puissance (basée sur un MOSFET de puissance ou un transistor bipolaire à porte isolée), selon un schéma de modulation de durée d'impulsion (PWM) de telle sorte que le signal de tension de sortie souhaité soit créé.

Pour un inverseur à fréquence fixe simple, la sortie peut être une onde sinusoïdale de 230 volts – 50 Hz, éventuellement avec une distorsion de 1 à 3 %. Certains inverseurs à faible prix (100 € ou moins) qui produisent 120/230 volts à partir d'une batterie d'automobile de 12 volts possèdent une génération de forme d'onde fixe également, et peuvent avoir des pourcentages de distorsion très élevés, tels que 5 à 7 %. Les sources d'alimentation en AC programmables telles que le 751iX à faible puissance de California Instruments possèdent un générateur de forme d'onde à haute résolution (arbitraire), et présentent moins de 1 % de distorsion, avec des valeurs classiques de 0,3 % à 50/60 Hz.

Comme on peut le constater sur la figure 5, une source d'alimentation moderne possède généralement un numériseur, un voltmètre numérique et un analyseur intégrés. Cela permet à l'utilisateur d'analyser le comportement de l'équipement testé, de vérifier les exigences en matière de courant, le facteur de puissance et même les courants harmoniques que l'équipement testé peut provoquer.

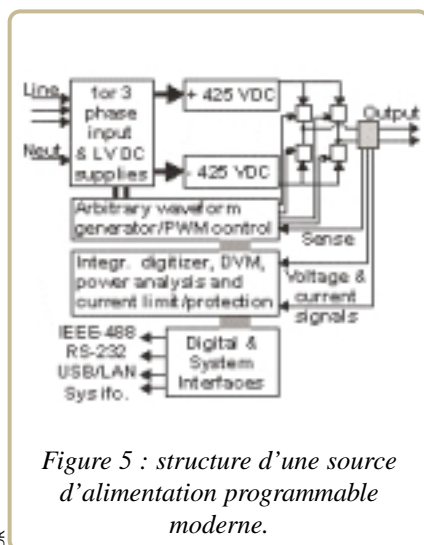


Figure 5 : structure d'une source d'alimentation programmable moderne.

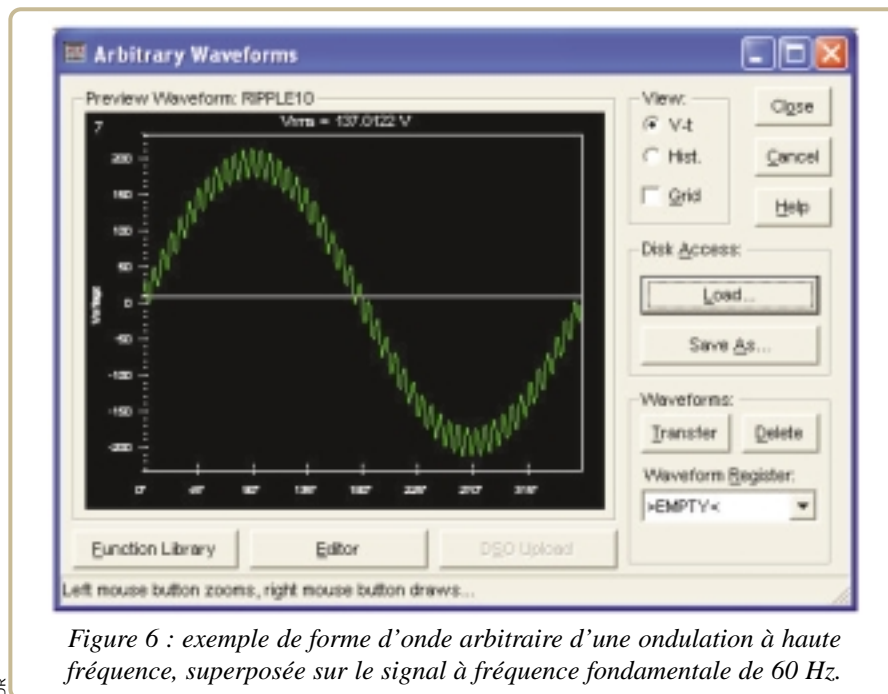


Figure 6 : exemple de forme d'onde arbitraire d'une ondulation à haute fréquence, superposée sur le signal à fréquence fondamentale de 60 Hz.

L'interface numérique permet à l'utilisateur de charger des formes d'onde habituelles (voir figures 6 et 7) directement à partir d'un oscilloscope ou d'une feuille de calcul, dans le générateur de forme d'onde. De plus, la source doit se protéger elle-même (et l'équipement testé) contre les parasites, tels les courts-circuits ou les conditions de surintensité.

Bien entendu, les sources d'alimentation modernes doivent pouvoir être contrôlées via différentes interfaces, et l'interface utilisateur graphique (GUI) est quasiment obligatoire pour les instruments compliqués tels que les sources d'alimentation programmables ayant des numériseurs et des analyseurs intégrés.

Ce signal (figure 6) est produit avec un générateur de forme d'onde arbitraire possédant 4 096 points de résolution pour chaque cycle de sortie (de 16,67 ms dans ce cas). Ainsi, les points de la forme d'onde sont balayés à des intervalles de 4 μ s dans ce cas. L'interface GUI permet à l'utilisateur d'éditer la forme d'onde (graphiquement).

Il peut être souhaitable de relier plusieurs sources en parallèle, à l'aide d'une interface système, et de doubler ou de tripler le niveau de puissance de sortie. Dans les autres cas, l'interface système peut

être utilisée afin de synchroniser la source d'alimentation avec une tension externe, permettant ainsi à l'utilisateur de remplacer un système monophasé ou triphasé par la source programmable.

Cet agencement offre un procédé à faible coût lorsque des essais phase par phase sont possibles, en opposition avec le fait d'avoir à utiliser une source d'alimentation triphasée. Une autre utilisation possible de la fonctionnalité de synchronisation externe consiste à produire un réseau de puissance à 6 phases (2 sources d'alimentation triphasées synchronisées, mais décalées de 60 degrés). Cette solution peut être utilisée afin de tester des systèmes redresseurs à 12 impulsions. Bien entendu, la conception de la figure 5 permet également de produire un DC, un AC ou des signaux AC plus un décalage DC. De plus, si le côté d'entrée de puissance possède un PFC actif, l'unité peut absorber la puissance provenant de l'équipement testé et la renvoyer vers l'alimentation publique (ce qui fait augmenter l'efficacité). L'une des propriétés les plus basiques d'une source d'alimentation à couplage direct bien conçue est qu'elle possède une impédance de sortie extrêmement faible. Les systèmes de plus grande taille tels que le MX45-3Pi de California Instruments possèdent une impédance résistive de 1 à 2 m Ω et une impédance inductive de



40 μ H. Ainsi, même lorsque la boucle de régulation de tension interne est désactivée, il existe une faible variation de la tension de sortie due aux changements de charge. Cette faible impédance, nécessaire pour les tests de flicker IEC61000-3-11, facilite également les courants de crête élevés, allant jusqu'à environ 5 fois le courant RMS continu maximum, avant que la forme d'onde ne soit affectée.

La capacité à effectuer une série de transitions de tension à un angle de phase programmable, et à produire des interruptions à partir d'une chute de demi-cycle et ce jusqu'à plusieurs cycles, nécessite que la source d'alimentation possède une résolution de temporisation très élevée et une bonne bande passante d'amplification.

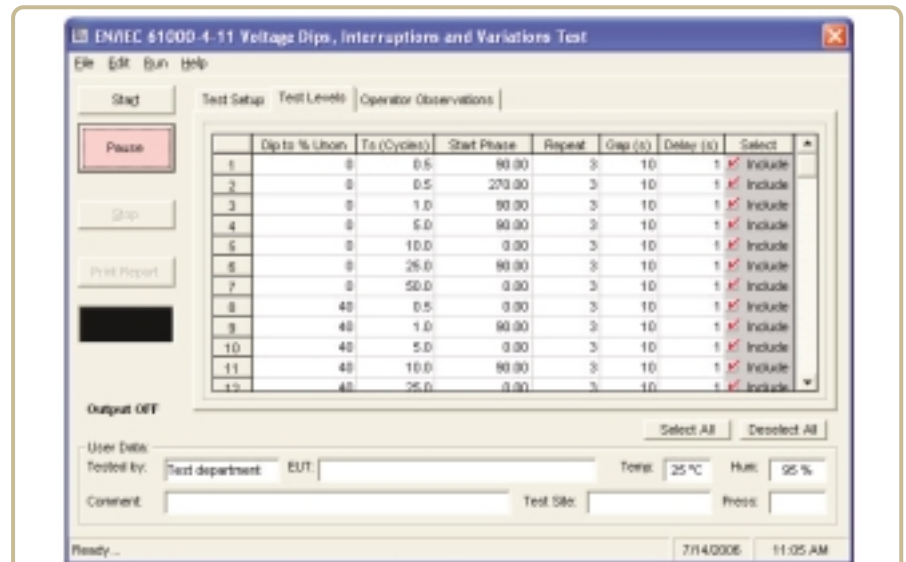


Figure 7 : baisses et interruptions de tension pour les tests d'immunité IEC61000-4-11.

En résumé

Les sources d'alimentation programmables sont devenues des outils importants lors de la phase de conception des produits électriques. Elles se retrouvent également de plus en plus dans le cadre des tests de fabrication. Les tests que ces sources d'alimentation permettent d'effectuer ont considérablement contribué à l'élaboration de produits plus sûrs et plus fiables, que ce soit des produits de grande consommation, des systèmes professionnels et industriels ou des applications liées à l'aviation. Les sources d'alimentation modernes conviennent également pour les tests d'immunité et d'émission dans le cadre du marquage CE, conformément aux normes européennes (EN), japonaises (JIC), coréennes et chinoises qui respectent toutes les normes IEC.

Les sources d'alimentation modernes utilisent des technologies à découpage, avec des fréquences de commutation supérieures à 200 kHz pour certains types, et offrent des capacités incroyables de flexibilité et de programmation. En particulier, le mode de commutation moderne possède une efficacité bien supérieure aux modèles linéaires plus anciens. Avec les tarifs élevés actuellement pratiqués en termes d'énergie, les économies réalisées sur certains tests de fabrication peuvent être égales au prix d'achat d'une nouvelle source d'alimentation quelques années plus tard.

Bibliographie

- [1] *Union internationale des producteurs et des distributeurs d'énergie électrique (Unipede)*, 1991, 50.02.
- [2] *Rapport sur la qualité de la puissance Eurelectric*, 2^e édition, novembre 2003, Réf. 2003-030-0769.
- [3] *Test de démarrage de moteur électrique sans charge*, M. van den Bergh, Conférence technique internationale sur les appareils électriques, 2000.
- [4] *Tests ABD-DO160 et MIL-704*, M. van den Bergh, Séminaire sur les tests avioniques, Hambourg, 2006.

Il y a deux manières de faire une démarche qualité, sécurité, environnement :

la subir la choisir

Avec Quality and Co vous choisissez vos prestataires :

• certificateurs • formateurs • consultants • éditeurs de logiciels

C'est simple...

www.qualityandco.com



www.qualityandco.com

La solution web de

Qualité références

Le meilleur moyen pour choisir vos prestataires
Qualité, Sécurité, Environnement

Quality and Co